

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Université Abou Bakr Belkaid– Tlemcen  
Faculté des Sciences  
Département d'Informatique

Mémoire de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme de Master en Informatique

**Option:** Réseaux et Systèmes Distribués (R.S.D)

# Thème

## Mise au point d'une application de Géolocalisation Indoor via WiFi

Réalisé par :

- Mekhfi Nadia
- Lahbab Noura

*Présenté le 01 Juillet 2018 devant la commission composé de :*

*Président : - Mr Benaissa Mohamed*

*Encadreur : - Mme Lahfa Fedoua*

*Examinatrice : - Mme Belhabi Amel*

# Remerciement

En préambule à ce mémoire on remercie ALLAH qui nous aide et nous donne la patience et le courage durant ces longues années d'étude.

Nous tenons à remercier sincèrement Mme Lahfa Didi, qui, en tant que Directeurs de mémoire, s'est toujours montrés à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire, ainsi pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'elle a bien voulu nous consacrer et sans qui ce mémoire n'aurait jamais vu le jour.

Nous tenons à exprimer nos sincères gratitude à Mr Benaissa Mohamed d'avoir accepté de présider le jury, nos sincères gratitude également à Mme Belhabi Amel pour bien vouloir nous accorder de leur temps précieux pour évaluer notre travail.

Nous exprimons nos remerciements au corps professoral et administratif de la Faculté des Sciences, et nous souhaitons exprimer nos gratitude pour le Département d'Informatique, pour la richesse et la qualité de leur enseignement et qui déploient de grands efforts pour assurer à leurs étudiants une formation actualisée.

# Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

**A** mes chers parents, que nulle dédicace ne puisse exprimer mes sincères sentiments, pour leur contribution, leur soutien, leur patience et leur sacrifice.

**A** mes chers frères, **Mohammed Rabie, I slem et Anes Aziz** qui sont une source de courage, d'amour et d'espoir pour moi.

**A** mes chers cousines et sœurs et copines **Fatima' Asma<sup>et</sup> Amel**, à qui je dois tout l'amour, et qui sont des exemples de persévérance, de courage et de générosité.

**A** Mr Ben. Med Amine, pour son soutien, son aide, ses compétences ses conseils et sa contribution à l'élaboration de ce mémoire.

**A** toutes mes chères amies et collègues.

**Nadia**

Je dédie ce modeste travail :

**A** Ma mère celle qui m'a donné la vie, le symbole tendresse, qui s'est sacrifiée  
pour mon bonheur et ma réussite

**A** Mon père école de mon enfance, qui a été mon ombre durant toutes les années  
des études, et qui a veillé tout au long de ma vie à m'encourager, à me donner l'aide  
et à me protéger. Que dieu les gardes et les protège.

**A** Ma chère sœur **Monia** qui n'a jamais cessé de m'encourager pour qui je  
souhaite, et son mari **Hamid** aussi mes sœurs **Samira** et **Habiba**, **A**  
mon frère **Macer**, son épouse  
**Nadia**, les beaux frères aussi les neveux et les nièces.

**A** Une personne très chère à mon cœur qui m'a toujours soutenu **Asma** avec qui  
j'ai  
partagé les joies et les difficultés durant ce Projet sans oublier la belle **Amira**

**A** Mon cher ami proche **Amine** qui a prié pour moi, m'a encouragé, m'a donné  
confiance à  
moi-même pour être capable .

**M**erci **Allah** (le bon dieu) de m'avoir donné la capacité d'écrire  
et de réfléchir, la force d'y croire, la patience d'aller jusqu'au bout  
du rêve et le bonheur de lever mes mains vers le ciel et de dire "  
Ya Kayoum "

**Noura**

# Résumé

Dans ce PFE, nous développons une application mobile pour l'estimation de la position dans un environnement fermé à travers les signaux WiFi. Nous avons travaillé la méthode du Fingerprinting en implémentant l'algorithme du K plus proche voisin(KNN) et nous avons développé une application Android. Ce projet permet le développement d'un système de localisation minimisant la consommation énergétique. L'approche présentée ici est basée sur l'utilisation des réseaux locaux, sur l'utilisation des mesures du signal de ces réseaux (RSSI) et sur le contenu d'une base de données locale. En utilisant cet ensemble d'informations, on a développé une méthodologie, basée sur un algorithme performant, pour assurer un positionnement fin.

**Mot Clés :** Géolocalisation, WiFi, KNN, Fingerprinting, indoor, position, RSSI.

# Abstract

In this work, we developed a mobile application to estimate the position in an indoor building using WiFi signals. We applied the Fingerprinting method and implemented the algorithm of Nearest K neighbor(KNN). This project allowed the development of a localization system that minimized energy consumption, and the result of the project is an Android Application that works in all different Android Builds. The approach presented in our project is based on the use of local networks, the use of signal measurements of these networks(RSSI), and the content of a local database. Using this information and development tools, we developed a methodology, based on a powerful algorithm, to ensure a fine positioning.

**Key Words :** Position, indoor, KNN, Fingerprints, Android

## ملخص

في هذا العمل المقدم قمنا بتطوير و برمجة تطبيق للهواتف الذكية، بهدف تحديد موقع أي مستعمل داخل مبنى التطبيق يعتمد على وجود إشارات WiFi داخل المبنى. و تم استخدام تقنية Fingerprintings مع خوارزمية K-Nearest Neighbour . هذا التطبيق يعمل في الهواتف الذكية ذات نظام التشغيل Android. و تم اعتماد نهج في مشروعنا وهو اقتصاد الطاقة المستعملة، اعتمدنا على الشبكات الداخلية باستعمال قياسات إشارات الشبكات الموجودة RSSI، و أيضا استنادا الى قاعدة بيانات محلية، للوصول الى تقنية دقيقة لتحديد موقع المستخدم باحترافية.

**الكلمات المفتاحية :** WiFi ,Fingerprintings, Android , برمجة تطبيق للهواتف الذكية, داخل المبنى ,

## TABLES DES MATIERES

### INTRODUCTION GENERALE.....p8

### CHAPITRE 1 : Contexte et généralité sur le projet du projet.....p11

1.1 Cadre du projet .....	p12
1.1.1 Contexte du projet .....	P12
1.1.2 Problématique .....	P12
1.1.3 Travail demandé .....	p12
1.2 Etude de faisabilité du projet .....	p13
1.2.1 Validation de l'idée retenue .....	P13
1.2.2 Etude de faisabilité technologique .....	p13
1.2.3 Etude de faisabilité économique .....	p13
1.3 Méthodologie et formalisme adopté .....	P13
1.4 Cycle de vie adopté .....	p14
1.5 Conclusion .....	p14

### Etude préalable..... p15

2.1 Localisation INDOOR / OUTDOOR.....	P16
2.2 géolocalisation INDOOR : définition et usage .....	P17
2.2.1 enjeux de localisation indoor .....	p18
2.2.1.1 Cartographie .....	p18
2.2.1.2 Précision du positionnement .....	p20
2.2.1.3 Infrastructures .....	p20
2.2.2 Technologies et méthodes de géolocalisation indoor .....	p20
2.2.3 Géolocalisation hybride .....	p27
2.2.3.1 Standard WiFi et localisation indoor .....	p27
2.2.3.2 Technique de fingerprinting .....	p28
2.2.3.3 Méthode de k-nearest points .....	p30
2.2.4 Algorithmes pour la géolocalisation indoor .....	p30

### CHAPITRE 2 : Spécification .....p36

3.1 Acteurs du système .....	p37
3.2 Spécification des besoins .....	p37
3.2.1 Besoins fonctionnels .....	p38

3.2.2	Besoins non fonctionnels .....	P38
3.3	Analyse des besoins 38	
3.3.1	Diagramme de cas d'utilisation principale .....	p40
3.3.2	Description de cas d'utilisation :prendre des mesures .....	p41
3.3.3	Description de cas d'utilisation :Localiser .....	p42
3.3.4	Diagramme de collaboration :synchroniser .....	p43

**Conception et réalisation .....**  
**p43**

4.1	conception .....	p44
4.1.1	architecture globale de la solution .....	p44
4.1.2	conception de base de données .....	p45
4.2	choix technique .....	p45
4.2.1	choix du langage de programmation .....	P46
4.2.2	choix de l'architecture d'application .....	p47
4.2.3	environnement de travail .....	p49
	4.2.3.1 environnement matériel .....	p49
	4.2.3.2 environnement logiciel .....	p49
	4.2.3.3 choix des outils de travail .....	p50
	4.3 travail réalisé .....	p54

**CONCLUSION**

<b>GENERALE.....</b>	<b>p67</b>
----------------------	------------

**REFERENCE**

<b>BIBLIOGRAPHIQUE.....</b>	<b>p69</b>
-----------------------------	------------

<b>LISTE DES FIGURES.....</b>	<b>p71</b>
-------------------------------	------------

<b>LISTE DES ABREVIATION.....</b>	<b>p73</b>
-----------------------------------	------------

<b>ANNEXE.....</b>	<b>p75</b>
--------------------	------------

# **I**ntroduction Générale



## Introduction général

**L**a localisation fait l'actualité du secteur high Tech et des nouvelles technologies. Les

techniques de géolocalisation permettent de positionner des personnes ou du matériel avec une précision variante de 10 km à 10 cm. La continuité du service de positionnement, et surtout son corollaire le positionnement en intérieur, fait l'objet d'une quête incessante aujourd'hui.

La localisation joue un rôle essentiel dans notre vie quotidienne. Alors que la localisation basée sur les GPS est largement populaire, son utilisation dans les environnements intérieurs est limitée dû à la mauvaise pénétration des signaux GPS à l'intérieur des bâtiments à cause des obstacles.

L'adoption du système du GPS par les téléphones mobiles, combinée avec le Wi-Fi et les réseaux de téléphonie mobile, a en grande partie permis de résoudre le problème de la géolocalisation en extérieur. Cependant, ce type de système ne peut pas servir à la géolocalisation dans les espaces intérieurs. Pour cela la localisation reste depuis toujours un domaine actif de la recherche qui aboutit chaque année à l'émergence de nombreuses solutions de localisation interne qui requièrent du matériel informatique avec un coût parfois important.

Dans les espaces comme les aéroports, les centres commerciaux et les hôpitaux, avec les réseaux de données devenant de plus en plus accessibles et l'augmentation du nombre d'applications nécessitant une géolocalisation, la localisation en intérieur est devenue un véritable enjeu. Cependant, la réalisation d'un système de navigation en intérieur reste toujours plus compliquée qu'un système de navigation routière, à cause de la complexité de deux verrous principaux de la navigation en intérieur. Le premier concerne l'absence de la cartographie insuffisamment fine de l'espace concerné et la difficulté de la liaison entre les données spatiales extraites des systèmes cartographique et les données simples stockées dans les BDD locales. Le second verrou technologique est l'obtention d'une localisation fine et précise.

Le WLAN (Wireless Local Area Network) est le système de communication le plus répandu (plus connu sous le nom de « réseau Wi-Fi ») et attirant des recherches et des investigations dans le monde entier. Le large déploiement des réseaux Wi-Fi offre de grandes opportunités de développement pour l'estimation de la position dans les espaces intérieurs. L'algorithme de positionnement par "fingerprinting" a été utilisé pour certains WLAN (Wi-Fi) grâce à sa haute précision et à l'absence d'investissements nécessaires. Néanmoins, ce système de positionnement pose aussi quelques problèmes, à savoir les charges de calcul lourdes et des soucis d'efficacité et de précision des estimations de position dus à la complexité de la structure des bâtiments. Alors, ce large déploiement des réseaux Wi-Fi et la disponibilité des informations de puissance de signal, font des réseaux Wi-Fi une bonne technologie de positionnement en intérieur. La notion de puissance de signal est liée à la distance émetteur/récepteur puisque la puissance d'un signal diminue avec la distance. Ce qui fait de ce type de réseau un candidat potentiel et séduisant car il permet de communiquer en haut débit.

Dans ce cadre notre travail a pour objectif de mettre en point un système de positionnement à l'intérieur d'un bâtiment, pour un utilisateur équipé d'un Smartphone, en utilisant des réseaux Wi-Fi basée sur la technique de fingerprinting, en implémentant l'algorithme des  $k$  plus proches voisins pour avoir une précision acceptable dans un milieu fermé.



**Figure 1 :** Application de géolocalisation

L'organisation du rapport sera comme suit :

Au début on a commencé par une présentation du contexte du projet et on a donné quelques généralités sur notre thème. Ensuite, on a présenté l'étude préalable du thème, en précisant les détails technique du domaine de géolocalisation indoor. Dans La spécification du projet, on a donné quelques diagrammes pour mieux expliquer le fonctionnement. Enfin, on a parlé sur la conception du projet, les outils choisis, et en clôturant quelques captures de l'application développé.

# 1

## **Chapitre**

### **Contexte et Généralités sur projet**

Dans ce chapitre, nous présentons le contexte général du projet. Nous présentons en premier lieu le cadre ainsi que la faisabilité du projet. Ensuite, nous exposerons le formalisme du projet et la méthodologie adoptée. Un état de l'art y est ensuite exposé.

## **1.1 Cadre du projet**

### **1.1.1 Contexte du projet**

Notre projet intitulé « Mise en point d'une application de géolocalisation indoor via WiFi », est réalisé au sein de département Informatique spécialité Réseaux et Systèmes Distribués, dans le cadre d'obtention de diplôme Master Recherche.

Le but de notre projet est de concevoir et implémenter une application mobile qui pourra estimer la position d'un utilisateur dans un bâtiment équipé de routeurs (points d'accès) WiFi.

### **1.1.2 Problématique du projet**

La géolocalisation à l'intérieur présente plusieurs axes de recherche. Dans notre projet, l'axe principal est la mise en œuvre d'une architecture optimisée de géolocalisation indoor par WiFi. Plusieurs technologies et techniques sont proposées pour localiser l'utilisateur dans un lieu fermé. Une des solutions proposées est la localisation par signaux WiFi des réseaux locaux déjà déployés dans la plupart des bâtiments. Notre projet consiste à concevoir une application qui estime la position d'un client android au sein d'un lieu fermé équipé d'au moins trois réseaux WiFi. Ce travail fait un tiers d'un système de géolocalisation professionnel complet en ajoutant la cartographie spatiale et la navigation en intérieur.

### **1.1.3 Travail demandé**

L'objectif du projet est d'étudier dans un premier temps les techniques, les technologies et les algorithmes qui peuvent être utilisées dans la conception de notre projet, ensuite de proposer une solution à base d'algorithmes choisis et des techniques appropriées. La mise au point d'un système de positionnement, facile à maintenir et performant avec une précision améliorée, et qui pourra faire partie d'autres systèmes de géolocalisation dans les futurs travaux, est notre objectif principal en tenant compte du délai imparti et des moyens matériels et logiciels présents.

## **1.2 Etudes de faisabilité du projet**

Dans un projet informatique la vérification de la réalisabilité du projet est nécessaire avant le lancement de la mise en œuvre concrète du projet, et ça doit évidemment être étudié avant la phase de développement.

### **1.2.1 Validation de l'idée retenue :**

Tout le monde tend à améliorer la précision et faciliter la mise en place d'un système de positionnement en intérieur.

Dans cette phase d'étude de faisabilité toute la faveur revient à notre encadreur qui a proposé l'idée du projet qui est l'actualité des marchés High Tech dans le monde, et qui, avec son expérience et sa compétence nous a toujours mis les points de limites dû à nos compétences, au délai qui nous limite et à la faisabilité de ce qu'on veut développer.

### **1.2.2 Etudes de faisabilité technologique :**

Le laboratoire de recherches guidé par notre encadreur utilise déjà la technologie WiFi dont l'infrastructure peut être utilisée dans ce projet

### **1.2.3 Etudes de faisabilité économique :**

La géolocalisation indoor par WiFi s'appuie en premier plan sur la présence des réseaux WiFi public ou privé.

## **1.3 Méthodologie et formalisme adoptés**

Dans la phase d'étude théorique de notre projet nous avons adopté, pour la spécification et la conception de ce travail, le langage de modélisation UML. UML est un langage de modélisation graphique à base de pictogrammes conçu pour fournir une méthode normalisée pour visualiser la conception d'un système. Il est couramment utilisé en développement logiciel et en conception orientée objet. Il est utilisé pour

spécifier, visualiser, modifier et construire les documents nécessaires au bon développement d'un logiciel orienté objet. UML s'articule autour de neuf diagrammes, pour ne pas surcharger le rapport et entrer dans les détails techniques supplémentaires, nous ne détaillerons que quelques diagrammes.

## **1.4 Cycle de vie adopté**

Un cycle de vie est un ensemble de phase séquentiellement cohérente, dont le nom et le nombre de séquences sont déterminés à partir de l'étude des besoins du projet à réaliser. Il existe plusieurs manières de définir le cycle de vie d'un logiciel, à savoir le modèle en cascade, le modèle en V et le modèle en incrément. Il indique les étapes par lesquelles doivent passer un logiciel de sa conception jusqu'à sa mort. Pour notre projet, on a choisi le cycle de vie incrémental qui prend en compte le fait qu'un logiciel peut être construit étape par étape. Dans ce modèle, on part d'une pré-étude que l'on adapte à un des modèles afin de construire un système plus efficace et qui répond le mieux aux exigences de notre projet.

## **1.5 Etat de l'art**

De nos jours, les techniques de localisation sont multiples. Une bonne maîtrise et connaissance de ces diverses techniques de localisation sont nécessaires pour pouvoir dimensionner judicieusement notre propre solution de localisation. Dans cette section, nous discuterons les spécifiés ainsi que les principaux enjeux auxquels est soumise la localisation indoor par rapport à la localisation outdoor et nous énumérons les différentes méthodes et techniques proposées jusqu'ici pour faire face à ces enjeux. Nous présenterons également une étude comparative des performances attendues des différentes technologies employées en termes de précision, réactivité, cout, etc.

# Etude préalable

# 1 Localisation indoor/outdoor

Jusqu'à maintenant, les signaux de navigation GPS qui sont utilisés pour le positionnement à l'extérieur ne peuvent pas être bien captés dans les zones urbaines et à l'intérieur des bâtiments. Dans un tel environnement, le système GPS fonctionne en mode dégradé, ou ne fonctionne plus. Ces limites proviennent de :

- **Atténuation :**

En effet il est presque impossible d'acquérir et de poursuivre les signaux de façon autonome à cause de l'importance des obstacles qui impliquent une forte atténuation des signaux. Les signaux reçus ont un faible SNR [Signal-to-Noise Ratio] (30db de moins qu'à l'extérieur). En outre, à chaque obstacle traversé correspond une atténuation de la puissance du signal. Ce qui implique une faible précision de positionnement.

- **Multi-trajet :**

De plus, le positionnement à l'intérieur est soumis aux problèmes de multi-trajets, de masquage, des interférences...La superposition de différents signaux qui ont suivi différents chemins à l'antenne de réception, produit une distorsion de signal original. Le multi-trajet est principale source de dégradation des signaux. Il peut causer une erreur de positionnement.

La figure suivante montre les limites d'utilisations du GPS à l'intérieur des bâtiments en représentant les différents phénomènes exercés sur les signaux GPS :

**Figure 2 :** Difficultés du positionnement à l'intérieur



## **2 La géolocalisation indoor : Définition et usage :**

Egalement connue sous les appellations « indoor location » ou « indoor positioning », la géolocalisation indoor permet de connaître avec une précision plus ou moins grande, la localisation d'une personne ou d'un produit dans un espace ou un lieu fermé c'est-à-dire à l'intérieur des bâtiments. De nombreux usages sont imaginables, et certains sont même déjà mis en place. Parmi ceux-ci, on peut citer:

### **Aide à la navigation :**

Dans le cas d'une navigation allant de l'outdoor à l'indoor (ex : Un client utilisant son application GPS pour se rendre de chez lui à un point d'intérêt précis situé à l'intérieur d'un centre commercial), celle-ci se doit d'être « sans coutures » : le mobile devra immédiatement détecter que l'utilisateur est rentré dans un bâtiment, et passer de manière transparente en mode navigation intérieure.

### **Sites industriels**

Une fois un problème identifié sur un site industriel, une application mobile pourrait permettre de guider l'équipe technique mobile la plus proche vers la source du problème. Ensuite, une fonctionnalité d'aide à la résolution de problème type Réalité augmentée ou Télé-assistance pourrait prendre le relai si besoin.

### **Transports**

Permettre à un voyageur de naviguer non seulement en extérieur, mais aussi à l'intérieur d'un lieu de type aéroport, gare ou station de métro.

## **Santé**

Permettre au personnel de santé de retrouver des patients ou du matériel est un besoin souvent formulé. Concrètement, une application peut permettre la géo-localisation des nourrissons, des personnes souffrant d'Alzheimer, ou des appareils spécialisés égarés.

## **Marketing**

Mais la principale application marketing serait le géomarketing : l'optimisation des revenus au mètre carré, en fonction des données de visite des clients (flux, temps de visite, zones de passages, zones de transformation, etc.). Il est possible de personnaliser des offres marketing, non seulement selon les données connues sur le client par la marque (carte de fidélité) mais aussi selon le contexte géographique d'un client en magasin.

## **2.1 Les enjeux de localisation indoor**

La localisation indoor présente plusieurs enjeux qui sont traité par plusieurs sujets de recherche et à l'industrie .Les principaux enjeux sont :

### **2.1.1 La cartographie :**

La localisation ou le positionnement d'un objet ou d'une personne détermine son emplacement dans un certain système de référence. Donc pour pouvoir se repérer dans un bâtiment, qui est souvent un lieu fermé et privé, il est nécessaire de construire une cartographie des lieux propre à chaque bâtiment, qui répertorie les obstacles fixes (escaliers, portes,..), et intermittents (panneaux d'affichage ...), intégrant une mise à jour. Dans les environnements externes, à l'aide du GPS, les coordonnées sur un plan ou une carte donnée sont représentées en 2D : la longitude et la latitude. Cependant, ce type de référence ne peut être utilisé pour les espaces intérieurs ou il peut exister une connectivité entre les escaliers, les murs, les portes et les différents niveaux. Les techniques traditionnelles de cartographies n'étant pas adaptées, d'autres solutions existent ; parmi elles :

- Réalisations professionnelles de cartes en 2D et en 3D, basées sur les plans du bâtiment.
- Crowdsourcing : Google propose à sa communauté d'utilisateurs de télécharger eux-mêmes les plans de leur bâtiment.
- SLAM (Simultaneous Localization And Mapping) ou CML (Concurrent Mapping and Localization) : au fur et à mesure des observations, la carte de l'environnement est enrichie par de nouvelles primitives sur lesquelles s'appuie la localisation. La position des anciennes primitives est affinée en tenant compte des nouvelles observations.

Une modélisation d'un espace en intérieur doit représenter essentiellement une vision d'informations spatiales de l'environnement .Il existe plusieurs types de modèles (sémantique, topologique, hybride..) pouvant représenter des structures de différents éléments d'un environnement interne (construction, design,..) ou des visions graphiques via un support de navigation .Les modèles sémantiques décrivent les différents types d'entités présents dans un environnement indoor en termes de propriétés et de relations. Ce modèle joue un rôle important dans la localisation et la navigation .Les modèles topologiques représentent les connectivités des propriétés dans un espace indoor. La navigation dans les environnements internes nécessite aussi l'utilisation d'une représentation appropriée. En général, la topographie des espaces en 3D représente un aspect fondamental de la navigation en intérieur.

### **2.1.2 Précision du positionnement :**

La précision du positionnement est l'un des critères les plus importants pour la géolocalisation intérieure. En effet, à la différence de la géolocalisation extérieure, la géolocalisation interne à un bâtiment doit intégrer la dimension de l'espace (c'est-à-dire les étages, les escaliers...) mais aussi la taille de l'espace. S'il y a plusieurs petits espaces, le système permettant la géolocalisation interne doit permettre une localisation fine pour pouvoir distinguer aisément les différents espaces.

### **2.1.3 Infrastructures :**

Certains systèmes de géolocalisation intérieure ont besoin d'infrastructures et d'équipements tandis que d'autres s'appuient sur des technologies plus accessibles.

Les systèmes avec infrastructures bien que précis sont souvent très coûteux et difficiles à mettre en place. Les autres se contentent d'utiliser des technologies déjà existantes dans les environnements domestiques, ou embarquées dans les téléphones mobiles et tablettes des utilisateurs, et n'hésitent pas à les combiner avec d'autres technologies à relativement faibles en coûts d'achat.

## 2.2 Technologies et méthodes de géolocalisation indoor :

Un grand nombre de concepts et technologies ont aujourd'hui démontré des possibilités prometteuses pour réaliser une géolocalisation indoor en se basant sur le réseau de nœuds émetteurs. Les techniques possibles sont *les réseaux de capteurs* (RFID « Radio Frequency Identification » passive, infrarouge, ultrason), *les réseaux de communication* (WiFi, Bluetooth, RFID active, ZigBee...) et *les réseaux mobiles* (DECT-DPS, GSM « Groupe Spécial Mobile », Cell ID...) sachant que chacune d'entre elles présente sa propre solution de géolocalisation indoor et essaye de satisfaire l'utilisateur. Il existe deux classes méthodes de géolocalisation :

### Méthode de géolocalisation statique :

Déterminer la position d'un individu ou d'un objet à un instant précis T, donc il doit être détecté à faible distance. Cette méthode résume des avantages tels une précision des coordonnées de localisation et une lecture fiable. En parallèle elle n'autorise pas un suivi en temps réel, aussi qu'on ne pourra jamais avoir une position précise entre deux localisations, ainsi qu'un déploiement complexe dans le cas d'une forte couverture.

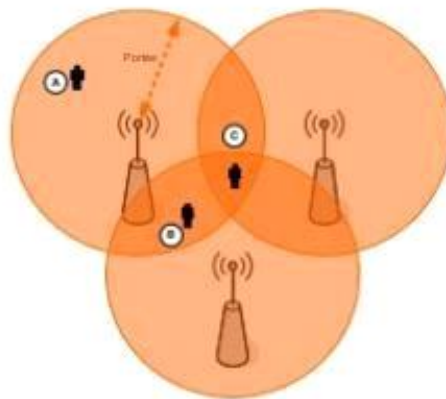


## Méthode de géolocalisation dynamique :

La méthode de géolocalisation dynamique consiste à un suivi en temps réel RTLS (Real Time Location System)

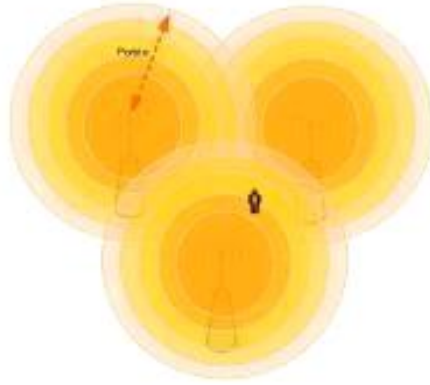
- **Par cellule :**

Consiste à déterminer la surface d'intersection la plus petite entre plusieurs bornes, cette méthode présente peu de calibrage, et pas besoin de bornes spécifiques, en parallèle la précision de localisation est faible et impossible de déterminer la position dans la surface d'intersection.



- **Par indication de puissance des signaux reçus des points d'accès RSSI «Received Signal Strength Identification » :**

Cette méthode consiste à mesurer les puissances des signaux reçus des bornes/point d'accès, la borne est capable de fournir une mesure de signal à la réception d'un paquet, en recoupant les mesures faites pour des paquets venant de différents points d'accès, il est possible d'estimer la position où elle se trouve. Cette méthode donne une bonne précision et il y aura aucun recours à des équipements spécifiques, par contre elle est sensible aux obstacles et à l'environnement.



### 3. Par mesure de temps de propagation des ondes TDOA « *Time Difference Of Arrival* » :

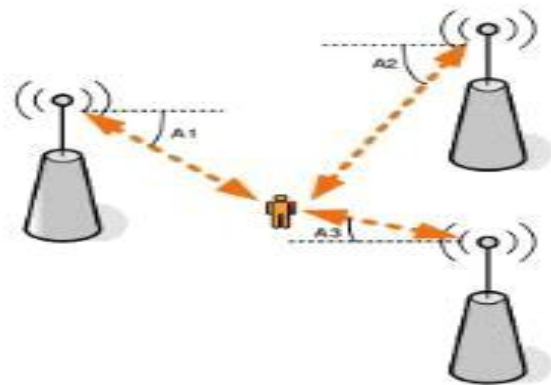
Cette méthode s'appuie sur le temps de propagation des ondes mesurée. Pour se faire chaque borne va mesurer le temps de propagation de l'onde jusqu'à l'élément à localiser, et connaissant la vitesse de propagation des ondes (vitesse de lumière), ces temps peuvent alors être convertis en distances, par la suite les trois distances permettent (par triangulation) de déterminer une position géographique. De cette méthode résulte une très bonne précision, en parallèle elle est sensible aux moindres obstacles et peut faire appel à des équipements radio spécifiques. Aussi le nombre de requêtes risque d'augmenter et cela cause une limitation en termes d'éléments à localiser.



- **Par mesure des angles de réception AOA « *Angle Of Arrival* » :**

Cette méthode se base principalement sur la mesure du temps de propagation des ondes. Les bornes sont calibrées pour avoir la même ligne géographique de référence, et connaissant la vitesse de propagation des ondes (vitesse de la lumière), les temps de propagation peuvent alors être convertis en distance, puis en angles, les trois angles permettent alors (par triangulation) de déterminer une position géographique, cette méthode permet de nous donner une bonne précision par contre elle nécessite l'ajout

d'autres équipements radio spécifique car cette dernière est sensible aux obstacles et à l'environnement ce qui peut limiter la localisation par la suite.



- **Technologie RFID :**

La RFID est une technologie qui donne autorisation du suivi en temps réel en utilisant des étiquettes (tags) ces derniers peuvent être passifs ou actifs, en outre les RFID sont des petits objets composés d'une puce électronique et d'une antenne.

- **RFID active :**

La RFID active est dotée d'une source d'énergie embarquée : une batterie ou une pile. Cette source d'énergie permet à la puce de diffuser un signal vers le lecteur RFID sous une fréquence maximale de 2.4 GHz et d'une portée de 10mètres à plusieurs kilomètres. La RFID active utilise la méthode RSSI pour la localisation qui peut donner une précision de 3 à 10 mètres. Toutefois, elle peut aussi utiliser la méthode TDOA qui est moins efficace car elle donne une précision de moins d'un mètre. Cette technologie a une consommation modérée, et une précision de géolocalisation ainsi qu'une longue portée, or le coût des tags est important et nécessite l'ajout d'un réseau spécifique à cause des perturbations des signaux que l'environnement (métal, liquide..) peut causer.



### **RFID passive :**

À l'inverse des tags actifs, les tags passifs ne disposent pas de batterie : ils puisent leur énergie à travers le signal électromagnétique du lecteur qui permet d'activer le tag et lui permet ainsi d'émettre les informations. Les tags passifs utilisent différentes bandes de fréquences radio selon : leur capacité à transmettre les données à des distances plus ou moins grandes, et les substances différentes que les données doivent traverser (air, eau, métal...), elle a une portée de 1 à 35 mètres. Cette technologie travaille avec la méthode RSSI. L'avantage de la RFID passive par rapport à la RFID active repose davantage sur le coût des tags moins onéreux que les tags actifs. Ce système s'avère très utile pour les marchandises en volume important lorsque les marchandises peuvent être lues à courte distance (passage à la caisse des supermarchés). Aussi, la distance de lecture est cependant un réel frein à ce système puisque le lecteur doit se situer dans le champ du tag afin d'en récupérer les données.





- **Technologie Ultrason :**

Se base essentiellement sur les ondes sonores envoyées, dont la fréquence est supérieure à 20 000 Hz.

L'écholocation consiste à envoyer des sons à diverse fréquences et à les récupérer. La durée prise pour que l'onde revienne, et la nature des ondes renvoyées parmi toutes celles émises permettent de localiser les éléments. Cette technologie répond à une géolocalisation indoor en temps réel en se basant sur la méthode TDOA et donne une précision de localisation inférieure à 1 mètre avec une consommation modérée quoique le coût de mise en place de l'infrastructure est élevé et d'un autre côté cette technologie est très sensible à l'environnement (température, humidité...) et même l'écho ce qui peut endommager la précision de la localisation.

- **Technologie Bluetooth :**

Les iBeacon est un protocole créé par Apple qui est devenu compatible avec Android et Microsoft. Il repose sur la technologie Bluetooth LE 4.0. À travers ce Bluetooth les Smartphones peuvent entrer en relation avec des petits transmetteurs sans fil sous la forme d'un petit boîtier appelé « *Beacon* »

(balise). Ce dernier émet en permanence une petite quantité d'informations afin d'entrer en interaction avec les Smartphones présents dans une zone.



Voici un schéma qui résume ces technologies :



**INDOOR  
LOCATION**  
technologies compared

**Figure 3 :** Technologies de géolocalisation indoor

## **2.3 La géolocalisation indoor hybride :**

### **2.3.1 Le standard WiFi et la localisation indoor :**

La norme IEEE 802.11 est un standard international décrivant les caractéristiques des réseaux locaux sans fil (WLAN). Un réseau WiFi est un réseau répondant à la norme 802.11. Grâce au WiFi, il est possible de créer des réseaux locaux sans fils à haut débit pour peu que la station à connecter ne soit pas trop distante par rapport au point d'accès.

Des informations sur la communication sont accessibles et disponibles au niveau des interfaces physiques des cartes de communications. Les informations proviennent de trames de management émises par les points d'accès. Parmi ces trames, on trouve des trames d'authentification, d'association, etc. La trame qui nous intéresse dans le cadre de localisation par WiFi est la trame de balisage. Le point d'accès émet périodiquement ces trames afin de signaler et pour relayer des informations telles qu'une référence temporelle, le SSID et d'autres informations caractérisant ce point d'accès. Ces trames sont captées par les clients se trouvant dans la couverture radio de ce point d'accès. Le client scrute en permanence tous les canaux disponibles afin de capter ces balises qui lui permettent de déterminer le point d'accès avec lequel il est plus avantageux de s'associer.

Lorsque le réseau est en mode infrastructure, ces balises sont émises périodiquement. Par défaut, cet intervalle est à 100 ms, car cette valeur est optimale pour assurer de bonnes performances dans bon nombre d'applications.

L'utilisation de ces trames de balisage est un bon moyen pour effectuer de la localisation puisqu'elles sont émises périodiquement et naturellement par le réseau. Il n'est pas nécessaire de modifier la nature intrinsèque du réseau pour établir les opérations nécessaires à la localisation. Par la suite la technique de localisation présentée est basée sur l'exploitation des informations disponibles dans ces balises.

Exploiter cette information de puissance n'est pas simple. La puissance du signal reçu n'est pas reliée directement à l'information de distance par une relation aussi simple que celle qu'on trouve dans les problèmes de trilatération classiques où la distance est liée au temps par la relation : distance – vitesse \* temps. Il existe deux manières de traiter ce problème. La première technique est le fingerprinting ou pattern matching ou bien de reconnaissance de signature. Pour cette première technique, il est nécessaire d'exploiter une base de données, constitués de mesures. La seconde technique est basée sur l'exploitation d'un modèle de propagation qui est une formulation mathématique de la valeur de signal que devrait capter un terminal mobile. Plusieurs degrés de complexité existent pour les modèles de propagation en fonction de précision à atteindre. La combinaison de ces deux techniques est possible dans certaines situations, comme dans des environnements multi-étages notamment.

### **2.3.2 La technique du fingerprinting**

Le mot vient du terme « fingerprint » qui signifie empreinte digitale. Pour fonctionner, cette technique nécessite une base de données qui, à certaines positions de l'environnement considéré, associe un ensemble d'éléments caractérisant cette position. Ces éléments doivent permettre de différencier chacune des positions par rapport aux autres positions de l'environnement. Si cette condition n'est pas réalisée dans ce cas les éléments considérés pour composer cette « empreinte » ne sont pas significatifs. Les caractéristiques du signal qui sont choisies pour constituer les fingerprints ont évidemment une grande influence sur la précision de la localisation. Les caractéristiques les plus couramment utilisées sont les puissances reçues ou Received Signal Strength Indicators (RSSI).

- **Phase « offline » : Construction des cartes de couverture radio :**

Pour obtenir des cartes de couverture radio réalistes, les systèmes RF construisent une carte de couverture radio en mesurant expérimentalement la puissance du signal des points d'accès en un nombre fini de points. La construction de cette base est dénommée « phase offline ». La carte de couverture obtenue est stockée dans une base de données qui répertorie les niveaux de signaux reçus de chaque point d'accès en un point du plan.

- **Phase « online » : Localisation d'un utilisateur mobile :**

Dans la phase « online », l'utilisateur « normale » du système où l'élément mobile se localise dans l'environnement. Pour ce faire, le système mesure la puissance des signaux reçus par les points d'accès visibles, à l'aide de la base de données créée pendant la phase offline, il cherche à localiser le point de la base pour lequel on observe un ensemble de signaux similaire aux signaux mesurés.

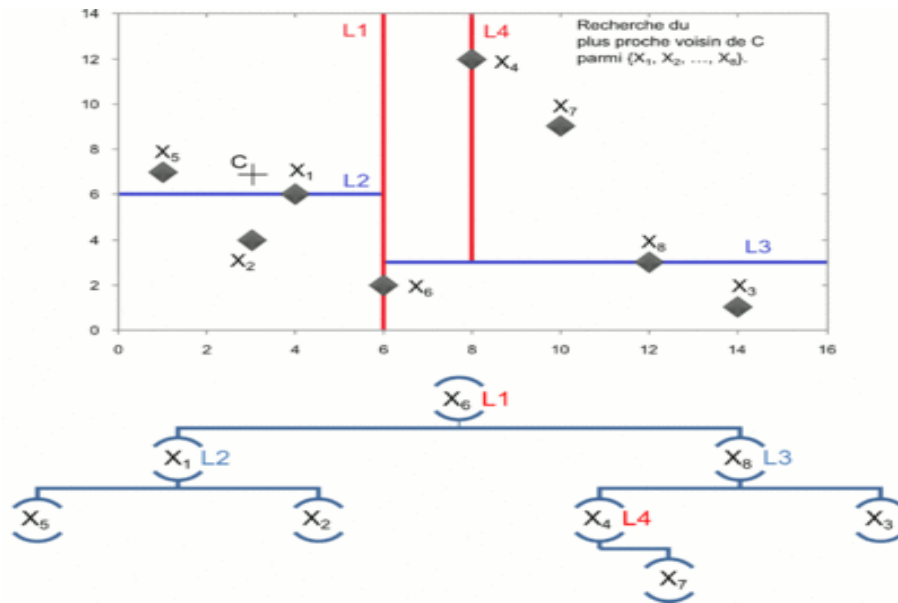
**Figure 4 :** Principe de fingerprinting

### **2.3.3 La méthode des K plus proches voisins**

En intelligence artificielle, la **méthode des  $k$  plus proches voisins** est une méthode d'apprentissage supervisé. En abrégé  $k$ -NN ou KNN, de l'anglais *k-nearest neighbor*.

Dans ce cadre, on dispose d'une base de données d'apprentissage constituée de  $N$  couples « entréesortie ». Pour estimer la sortie associée à une nouvelle entrée  $x$ , la méthode des  $k$  plus proches voisins consiste à prendre en compte (de façon identique) les  $k$  échantillons d'apprentissage dont l'entrée est la plus proche de la nouvelle entrée  $x$ , selon une distance à définir.

Par exemple, dans un problème de classification, on retiendra la classe la plus représentée parmi les  $k$  sorties associées aux  $k$  entrées les plus proches de la nouvelle entrée  $x$ .



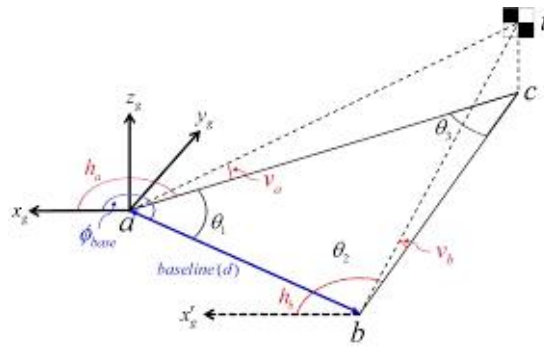
**Figure 5 :** Illustration de la recherche du plus proche voisin

## 2.4 Algorithmes pour la géolocalisation indoor

Cette partie résume l'ensemble des algorithmes et techniques de géolocalisation indoor associés aux signaux et moyens précédemment cités.

### 2.4.1 Trilatération - triangulation.

Il s'agit d'algorithmes basés sur les techniques dites géométriques. La position du mobile à localiser est estimée à partir de lignes de positions, déduites d'une à plusieurs caractéristiques des signaux mesurés : temps de vol, RSS (converti en une pseudo-distance à l'aide d'un modèle de propagation indoor) ou angle d'arrivée. L'algorithme de trilatération consiste à calculer l'intersection d'au moins trois cercles (position 2D) ou quatre sphères (position 3D) déduits des temps de vol ou RSS mesurés. Lorsque l'instant d'émission des signaux n'est pas connu du récepteur (absence de synchronisation), une alternative est d'utiliser les temps de vol différentiels (TDOA Time Difference of Arrival) entre les signaux issus d'émetteurs pris deux à deux. L'algorithme de triangulation utilise quant à lui des lignes de directions d'arrivée pour estimer la position du mobile.



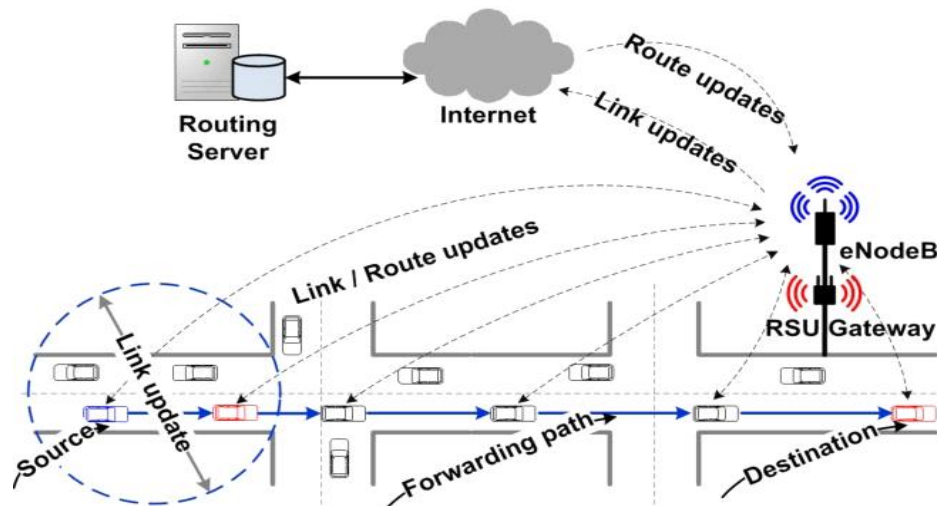
**Figure 6 :** Démonstration de l'algorithme

de triangulation

### 2.4.2 Localisation coopérative multi-hop.

Utilisée lorsque la couverture du réseau sans fil (GPS, WiFi, réseaux 3G/4G, etc.) est limitée, les algorithmes de localisation coopérative sont basés sur la connectivité entre les mobiles (ou devices). Dans ce cas, des algorithmes multihop tels que Distance-Vector hop ou ses variantes peuvent être utilisés. Des messages de broadcasting sont transmis par quelques « mobiles- ancres » de positions connues, et relayés par les autres mobiles environnants. Un mobile peut alors calculer sa position à partir du nombre de sauts effectués par le message de broadcasting pour l'atteindre en utilisant un indicateur de distance (RSS ou temps de vol) pour effectuer la trilatération finale. La localisation coopérative peut être également implémentée pour tirer profit d'un environnement très dense en mobiles, où le mobile à localiser est le plus souvent en non-visibilité directe des ancres principales.

Parmi tous les signaux sans fil disponibles, l'algorithme déterminera les liaisons LOS (Line-Of-Sight), par des tests d'hypothèses ou des méthodes de maximum de vraisemblance.

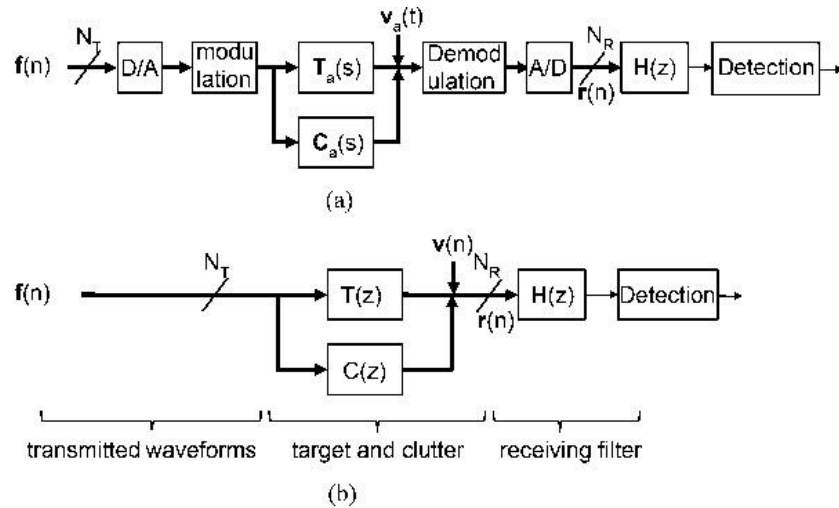


**Figure 7 :** Algorithme de routage pour le multi hop

### 2.4.3 Le Radar

En géolocalisation indoor, ce sont principalement les techniques de radar pulsé UWB multiantennaires (MIMO), voire polarimétriques, qui sont utilisées. Dans le cas d'un radar MIMO polarimétrique, les caractéristiques spatio-temporelles (temps, angles d'arrivée et amplitudes polarimétriques associées) des signaux sont estimées par des algorithmes haute résolution de type MUSIC ou SAGE. Dans les systèmes TWRI, un algorithme de correction des effets du murs, basé sur un modèle de propagation, est appliqué, suivi d'un algorithme de localisation des cibles (i.e. éléments de la scène) tel que la trilatération ou la rétroprojection. Certains systèmes radar pulsés exploitent le spectre Doppler, au lieu du temps de vol aller-retour, pour estimer la distance cible/radar. Les techniques radar à onde continue CW (Continuous Wave) sont potentiellement utilisées en localisation à travers les murs, notamment avec les ondes THz radar. Des signaux en bande étroite sont transmis en continu et le signal de retour est traité en permanence, ce qui ne permet d'extraire que la vitesse de la cible par effet Doppler.





**Figure 8 :** Illustration du modèle de signal d'un radar MiMo

WaveForm

#### 2.4.4 Imagerie Tomographique par Radio (ITR).

Tout comme les techniques radar précédemment décrites, l'ITR est une technique de localisation ne nécessitant pas le placement d'un capteur sur l'élément cible à localiser. A partir de l'atténuation des signaux sur les différents récepteurs, un tableau 2D représentant l'environnement maillé est défini, et l'algorithme ITR détermine les valeurs associées à chaque cellule et en déduit la position de la personne à localiser.

#### 2.4.5 Simultaneous Localization And Mapping (SLAM).

L'algorithme SLAM, très répandu pour les applications de localisation de robot et de véhicule autonome, consiste à i) construire une carte de l'environnement et ii) se localiser dans cette carte, simultanément. L'algorithme opère alors de manière itérative en quatre temps.

A l'initialisation (étape 1), l'algorithme se réfère à une estimation (à l'instant précédent  $k - 1$ ) de la position du mobile dans la carte reconstruite à  $(k - 1)$ .

Lors d'un déplacement (étape 2), les nouvelles positions du mobile et des amers de l'environnement sont prédites à partir des nouvelles données proprioceptives (issus des capteurs inertiels, encodeurs, etc.). A l'étape 3, une carte locale de l'environnement est construite à partir des données extéroceptives

(images de caméra par exemple), et à partir de la mise en correspondance entre cette carte et la carte prédite par les données proprioceptives, l'algorithme calcule les erreurs et donc la correction nécessaire à apporter aux estimations.

Enfin, l'estimation des positions du mobile et des amers à l'étape 2 est améliorée en appliquant la correction déterminée dans l'étape 3. Les éventuels nouveaux amers détectés à l'étape 3 sont également corrigés et intégrés dans la carte estimée.

#### **2.4.6 Fingerprinting (l'algorithme étudié et implémenté dans l'application)**

La méthode du fingerprinting consiste à discrétiser, dans une étape préliminaire (phase hors ligne), l'environnement en  $M$  cellules où doit s'opérer la localisation. Pour chaque cellule, une empreinte du signal reçu (RSS, temps de vol, angle d'arrivée, etc.) qui est issu de chacun des  $N$  émetteurs, est stockée dans une base de données (BD) de dimension  $M \times N$ . Un inconvénient du fingerprinting est la construction de la BD, d'où l'apparition récente de méthodes d'interpolation et de méthodes de construction participative de BD. Dans l'étape de localisation (phase en ligne), l'empreinte mesurée par le mobile est comparée à celles de la BD via une métrique de similarité.

Parmi les algorithmes de fingerprinting, on recense les algorithmes déterministes tels que  $k$ -Nearest Neighbors, (dans notre cas c'est l'algorithme qu'on a choisi d'implémenter), les algorithmes probabilistes basés sur l'inférence bayésienne, ou encore les réseaux neuronaux.

#### **2.4.7 Algorithmes de poursuite :**

Les algorithmes de poursuite permettent d'estimer et de suivre la position d'un mobile de manière dynamique en tenant compte des mesures – bruitées - et des trajectoires et mouvements aux instants précédents, en utilisant les filtres Kalman et particuliers. Le filtre de Kalman simple est adapté pour des problèmes pouvant se modéliser sous forme linéaire et soumis à du bruit gaussien.

Il consiste à estimer récursivement l'état courant (la position actuelle du mobile) à partir de l'estimation de l'état précédent (position précédente estimée) et des mesures actuelles. Dans une première étape, la prédiction de l'état actuel et de la covariance de l'erreur de son estimation est effectuée à partir de l'équation d'évolution entre les instants  $(k-1)$  et  $(k)$  exprimée sous forme matricielle.

Dans la seconde étape, la valeur de l'état estimée et de la covariance de l'erreur d'état est mise à jour à partir de l'équation de mesure reliant l'état à la mesure (données inertielles et/ou données GPS par exemple) par de simples opérations matricielles.

La démarche des filtres particulaires consiste à rechercher la meilleure estimation de la densité de probabilité des processus aléatoires en jeu dans le système. Considérant un modèle de Markov caché, le filtre estime séquentiellement les valeurs des états cachés à l'instant  $k$  à partir des valeurs d'observation précédentes de  $n = 0$  à  $k$ . La distribution à postériori de l'état à l'instant  $k$  sachant les mesures précédentes est estimée par simulations de Monte Carlo.

Dans ce chapitre, on a passé en revue quelques techniques de géolocalisation indoor, simples efficaces et pas très coûteuses, dans le but d'en adopter une que nous allons utiliser pour mettre au point notre système de géolocalisation. Notre état de l'art n'est pas exhaustif, mais nous a permis de choisir la technique du Fingerprinting comme base à notre système, puisque dès le départ, on s'était posé comme objectif d'utiliser le wifi, qui est le réseau de communication le plus courant, le moins coûteux, omniprésent et le plus facile d'utilisation pour faire notre géolocalisation indoor. Le chapitre suivant détaillera notre implémentation, depuis la conception, modélisation et tests finaux.

# Chapitre 2

## Spécification

Dans le chapitre précédent, on a mis le projet dans son cadre théorique. Dans celui-ci, nous allons présenter sa spécification, on consacrer une partie pour énoncer les différents besoins fonctionnels auxquels devrait répondre l'application à réaliser, ainsi que les besoins non fonctionnels que notre application devra respecter. Ensuite, on présentera des différents cas d'utilisation qui sont définis comme un ensemble de scénarios d'utilisation.

## 1 Les acteurs du système

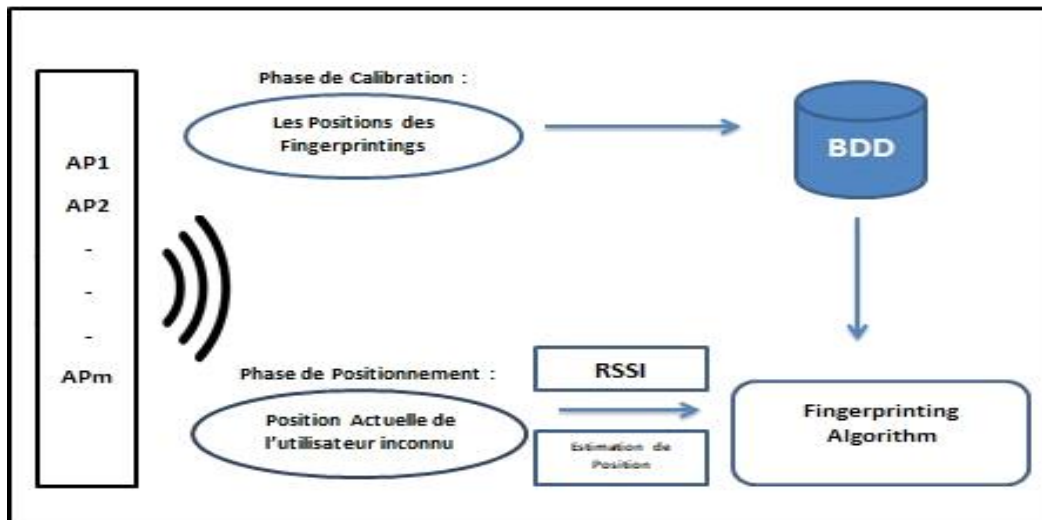
Notre application fonctionne d'une façon simple et efficace, avec une seule interface, avec trois fonctions principales, la prise des mesures, la localisation, et la synchronisation. Ces fonctions mettent en interaction deux acteurs principaux :

**L'administrateur** : c'est le propriétaire ou le responsable de l'application, qui veut permettre à des visiteurs de se localiser en utilisant son application. Il est le responsable du serveur web de l'application et la gestion de la BDD.

**L'utilisateur** : c'est un visiteur de bâtiment qui veut se localiser à l'intérieur de ce lieu fermé.

## 2 Spécification des besoins

Dans la partie suivante les différents besoins fonctionnels et non fonctionnels de notre application de positionnement indoor, sont présentés dans un diagramme de contexte dynamique.



**Figure 9 :** Diagramme de contexte dynamique

## 2.1 Besoins fonctionnels

Les besoins fonctionnels précisés pour un système informatique, doivent répondre aux exigences du futur système en termes de fonctionnalités. Ces besoins constituent une sorte de promesse ou de contrat au comportement du système généré. De ce fait, notre solution proposée doit répondre aux besoins fonctionnels suivants :

- Afficher une page de démarrage simple et facile pour n'importe quel utilisateur □ Permettre de prendre de nouvelles mesures au temps d'exécution de l'application.
- Permettre à l'utilisateur de se localiser
- Permettre à l'utilisateur d'enrichir la base de données relative au plan du centre par de nouvelles mesures.
- Permettre à l'administrateur de mettre en place la plateforme, de la maintenir et de consulter la base de données.

## 2.2 Les besoins non fonctionnels

Les besoins non fonctionnels peuvent être considérés comme des besoins fonctionnels spéciaux. Ils ne sont pas rattachés à un cas d'utilisation particulier, mais ils caractérisent tout le système (l'architecture, la sécurité, le temps de réponse, etc...). Le système doit garantir les besoins opérationnels suivants :

**Besoins matériels :** Le système doit s'exécuter de la même façon sur les différentes catégories des Smartphones android disponible sur le marché.

**Besoins de déploiement :** Le système doit :

- S'adapter à l'infrastructure WiFi déployée au sein du bâtiment.
- Assurer la facilité de la mise en place et du déploiement de l'application de localisation indoor.

**Précision :** La précision de système doit être bornée entre 1 à 3 mètres.

**Besoins de robustesse :** Le système doit

- Etre robuste face à l'instabilité du signal WiFi (l'affaiblissement, Le fading, Le shadowing)

**Besoins de maintenance :** Le système doit être facile à installer et à maintenir.

**Besoins de flexibilité :** Le système doit être souple pour une extension future.

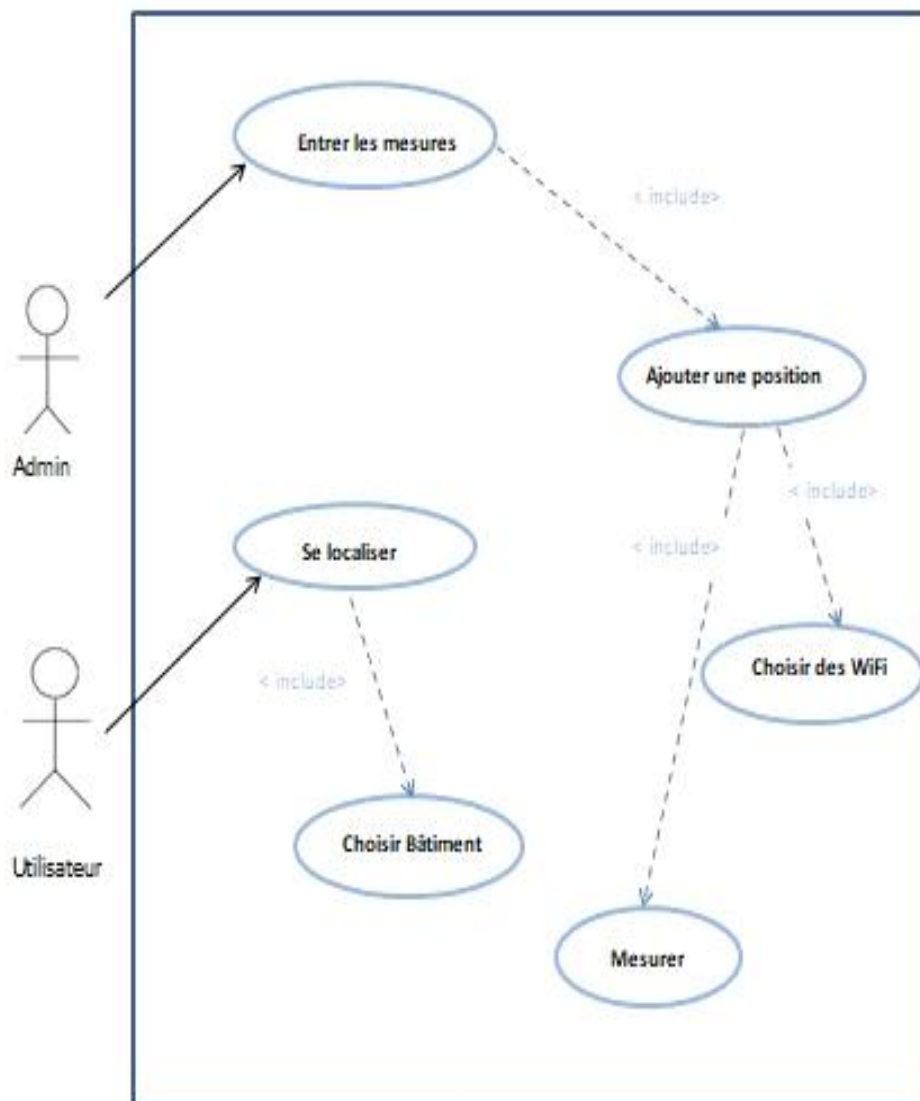
**L'ergonomie des interfaces :** Le module doit présenter une interface claire, ergonomique et intuitive.

## 3 Analyse des besoins

Dans cette partie nous allons approfondir la description des besoins précédemment spécifiés par quelques diagrammes de cas d'utilisation correspondants, par la suite nous proposons quelques diagrammes de séquence pour une meilleure visibilité de l'application.

### 3.1 Diagramme de cas d'utilisation principal

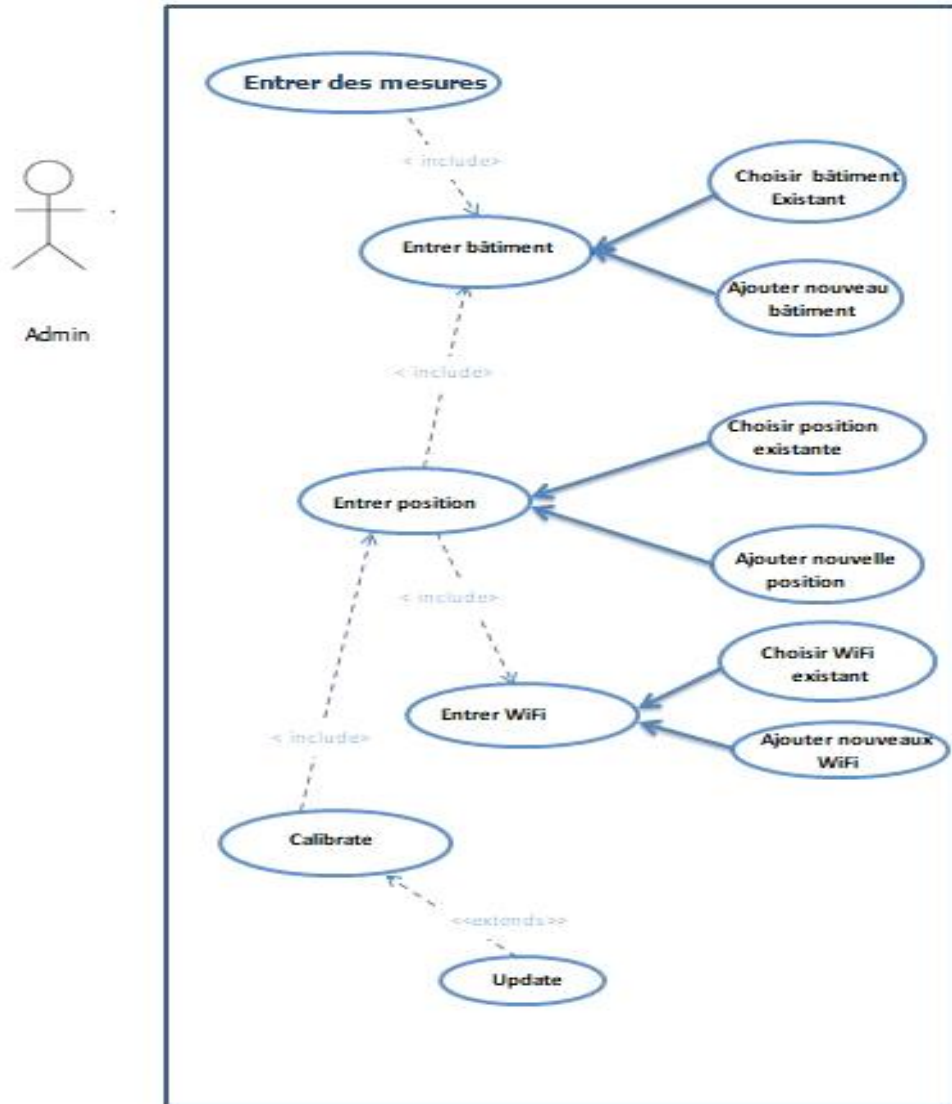
Les cas d'utilisation permettent de définir d'une manière normalisée les relations fonctionnelles entre les acteurs et le système étudié. Ils sont une représentation orientée « Fonction » du système, et permettent de modéliser les attentes des utilisateurs.



**Figure 10** : Cas d'utilisation principal



### 3.2 Description de cas d'utilisation Prendre des mesures



**Figure 11** : Cas d'utilisation Prendre des Fingerprints

### 3.3 Description de cas d'utilisation localiser

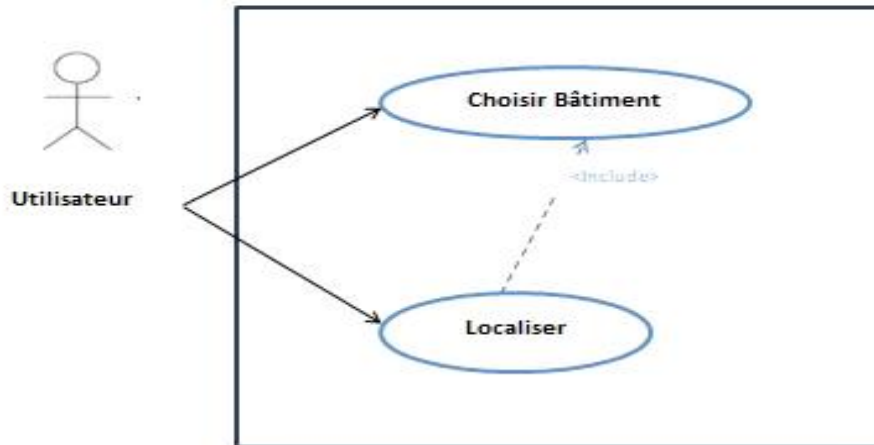


Figure 12 : Cas d'utilisation Localiser

### 3.4 Diagramme de collaboration synchroniser les données

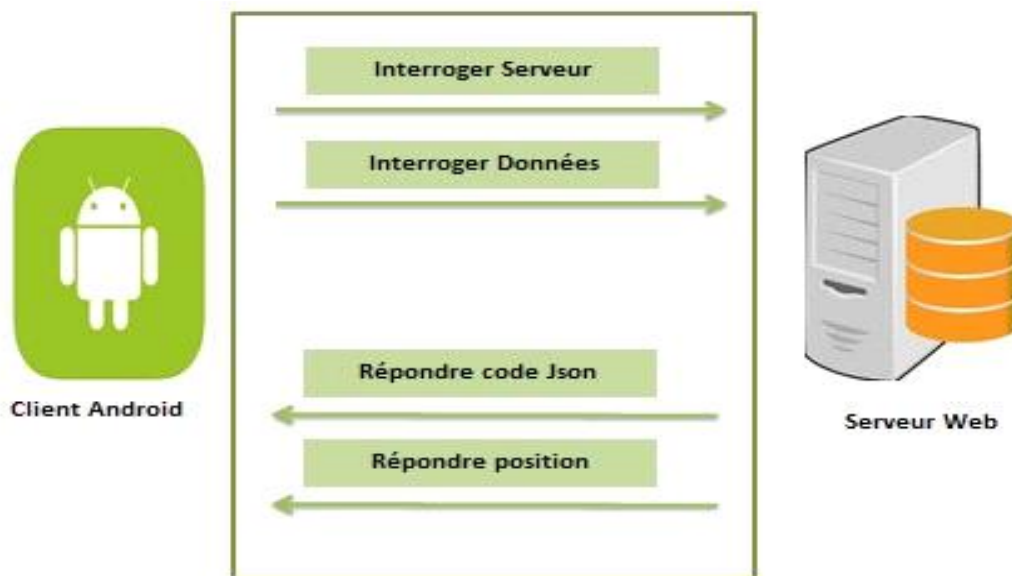


Figure 13 : Diagramme de collaboration

**C**onception &

**R**éalisation

Cette partie constitue le dernier volet de ce rapport. Après avoir terminé la phase de spécification et conception, la solution étant déjà choisie et étudiée, il nous reste que de se décider dans quel environnement nous allons travailler, exposer les choix techniques utilisés et le langage adopté, et présenter l'implémentation et les tests réalisés.

## 1 Conception

La phase de conception met en œuvre un ensemble d'activités qui à partir d'une demande d'informatisation d'un processus, permettent la conception, l'écriture et la mise au point d'un logiciel, elle est d'importance majeure dans le cycle de développement de n'importe quel projet. Ainsi, dans ce paragraphe on concentrera nos efforts sur la présentation des différentes étapes de la conception de notre application, pour mieux présenter le parcours suivi lors du développement de l'application.

### 1.1 Architecture globale de la solution

L'architecture d'un système désigne la structure générale inhérente, l'organisation des différents éléments du système et des relations entre les éléments. Cette structure fait suite à un ensemble de décisions stratégiques prises durant la conception de tout ou une partie du système informatique Les vues structurelles d'une architecture logicielle sont :

- **La vue logique** qui définit les principaux composants d'une architecture sans se soucier des détails physiques (équipements, machines...)
- **La vue physique** qui est une description de l'intégration et de la distribution de la partie logicielle sur la partie matérielle.

## 1.2 Conception de base de données

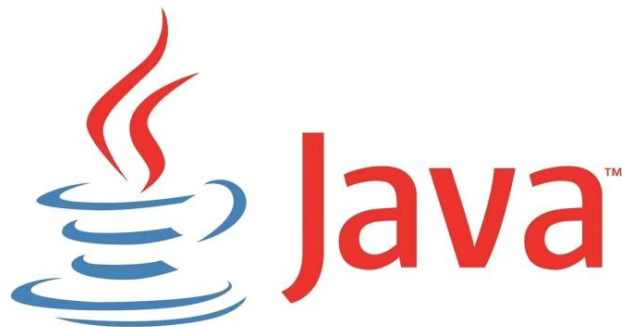
L'objectif de notre application est la localisation via le signal de réseaux WiFi, pour cela on a adopté une base de données simple et légère, facile à administrer et maintenir, et surtout flexible pour qu'elle puisse faire partie d'un autre travail dans le futur. La base de données doit contenir des informations concernant le bâtiment, des informations concernant les positions mesurées, des données concernant l'algorithme de localisation par fingerprinting liée aux forces des signaux des différents points d'accès et les données des utilisateurs, ainsi que les informations d'adresse physique des routeurs.

## 2 Choix techniques

### 2.1 Choix du langage de programmation

#### Java

Java est un langage de programmation orienté objet, développé par Sun Microsystems et destiné à fonctionner dans une machine virtuelle, il permet de créer des logiciels compatibles avec des nombreux systèmes d'exploitation. Java est non seulement un langage de programmation puissant conçu pour être sûr, inter-plateformes et international, mais aussi un environnement de développement qui est continuellement étendu pour fournir des nouvelles caractéristiques et des bibliothèques permettant de gérer de manière élégante des problèmes traditionnellement complexes dans les langages de programmation classiques, tels que le multithreading, les accès aux bases des données, la programmation réseau, l'informatique répartie. En plus java est considéré comme un langage adaptable aux plusieurs domaines puisque une application web implémentée par celle-ci peut avoir des extensions ou des modifications dans le futur. De plus, java permet de réduire le temps de développement d'une application grâce à la réutilisation du code développé.



## Json

JSON (JavaScript Object Notation – Notation Objet issue de JavaScript) est un format léger d'échange de données. Il est facile à lire ou à écrire pour des humains. Il est aisément analysable ou générable par des machines. Il est basé sur un sous-ensemble du langage de programmation JavaScript (JavaScript Programming Language, Standard ECMA-262 3rd Edition - December 1999). JSON est un format texte complètement indépendant de tout langage, mais les conventions qu'il utilise seront familières à tout programmeur habitué aux langages descendant du C, comme par exemple : C lui-même, C++, C#, Java, JavaScript, Perl, Python et bien d'autres. Ces propriétés font de JSON un langage d'échange de données idéal.



## 2.2 Choix de l'architecture de l'application

### Client/ Serveur



**Figure 13 :** Architecture à 3 niveaux

Dans l'architecture à trois niveaux, les applications au niveau serveur sont délocalisées, c'est-à-dire que chaque serveur est spécialisé dans une tâche (serveur web/ serveur de base de données par exemple). Il permet :

- une plus grande flexibilité/souplesse ;
- une sécurité accrue car la sécurité peut être définie indépendamment pour chaque service, et à chaque niveau ;
- de meilleures performances, étant donné le partage des tâches entre les différents serveurs.

Cette architecture (appelée 3 tiers) fait intervenir trois parties indépendantes les unes des autres :

- **la couche de données :** liée au serveur de base de données (SGBD) : stockage et accès aux données. Le système de stockage des données a pour but de conserver une quantité plus ou moins importante de données de façon structurée. Nous pouvons utiliser pour cette partie des systèmes très variés qui peuvent être des systèmes de fichiers, des mainframes, des systèmes de bases de données relationnelles, etc.
- **la logique applicative :** elle se compose généralement d'un script ou d'un programme qui constitue les traitements métier nécessaires sur l'information afin de le rendre exploitable par chaque utilisateur.

- **La couche présentation** (ou affichage) associé au client qui de fait est dit « léger » dans la mesure où il n'assume aucune fonction de traitement à la différence du modèle 2-tiers. C'est la partie la plus immédiatement visible pour l'utilisateur. Elle a donc une importance primordiale pour rendre l'information lisible, compréhensible et accessible.

Protocol et format de données.

#### □ Protocole de communication.

Dans notre projet, nous avons utilisé le protocole HTTP, afin de communiquer les données entre la partie cliente mobile et le serveur web. En effet, Le HTTP est un protocole qui définit la communication entre un serveur et un client (facilite le dispatch des fonctions).

En général, nous utilisons la méthode Post pour envoyer des données au programme situé à une URL spécifiée. Dans notre cas la requête Post envoyée à partir de l'application client vers le serveur est de la forme suivante :

<http://192.168.1.5/website/index.php/>

#### □ Format de données communiquées

JSON (*JavaScript Object Notation*) est un format de données textuel, générique, dérivé de la notation des objets du langage ECMAScript. Il permet de représenter de l'information structurée. Un document JSON ne comprend que deux éléments structurels : des ensembles de paires nom / valeur ; des listes ordonnées de valeurs.

Ces mêmes éléments représentent 3 types de données :

- des objets ;
- des tableaux ;
- des valeurs génériques de type tableau, objet, booléen, nombre, chaîne ou null.

Le principal avantage de l'utilisation de JSON, dans notre application, est qu'il est simple à mettre en œuvre.

Au rang des avantages, nous pouvons également citer :

- Facile à apprendre, car sa syntaxe est réduite et non-extensible;
- Ses types de données sont connus et simples à décrire ;



- Peu verbeux et léger, ce qui le rend bien adapté aux terminaux mobiles au contraire au langage XML qui est très verbeux.

## **2.3 Environnement du travail**

### **2.3.1 Environnement matériel**

Pour le développement : Deux ordinateurs portable Acer avec les caractéristiques suivantes :

- Processeur : Intel® Core i3/i5 CPU M380 2.53 Ghz,
- RAM : 4 Go
- Cache : 4 Mo

Pour le test :

- Deux Smartphone Samsung Grand Prime, Allure A8
- Des routeurs D-Link

### **2.3.2 Environnement logiciel**

Le long de la phase de développement, nous avons utilisé l'environnement logiciel suivant :

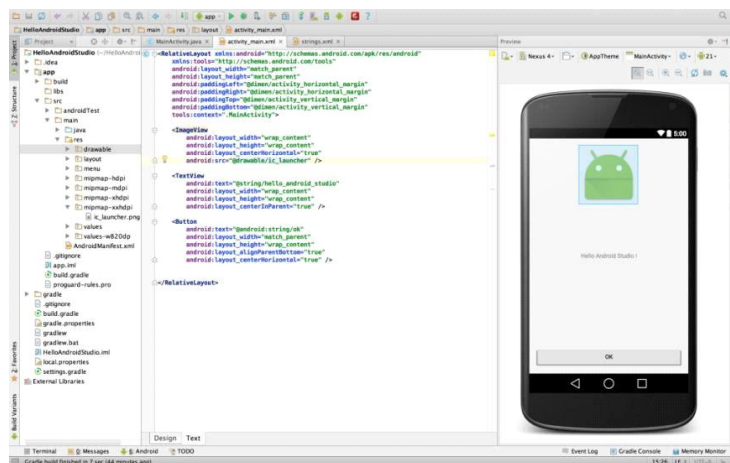
- Système d'exploitation : Windows 10.
- Outils de développement : Android Studio.
- Serveur web : Easy PHP Devserver (Frame Slim).
- SGBD : MySQL
- La rédaction du rapport : Word

## 2.3.3 Choix des outils de travail

### 2.3.3.1 Android Studio

**Android Studio** est un environnement de développement pour développer des applications Android. Il est basé sur IntelliJ IDEA. Android Studio permet principalement d'éditer les fichiers\_ [HYPERLINK](#) "[https://fr.wikipedia.org/wiki/Java\\_\(technique\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Java_(technique))" [Java](#) [HYPERLINK](#) "[https://fr.wikipedia.org/wiki/Kotlin\\_\(langage\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Kotlin_(langage))"\_ [HYPERLINK](#) "[https://fr.wikipedia.org/wiki/Kotlin\\_\(langage\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Kotlin_(langage))" [Kotlin](#) [HYPERLINK](#) "[https://fr.wikipedia.org/wiki/Kotlin\\_\(langage\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Kotlin_(langage))"\_et les fichiers de configuration [HYPERLINK](#) "[https://fr.wikipedia.org/wiki/Extensible\\_Markup\\_Language](https://fr.wikipedia.org/wiki/Extensible_Markup_Language)" [XML](#) [HYPERLINK](#) "[https://fr.wikipedia.org/wiki/Extensible\\_Markup\\_Language](https://fr.wikipedia.org/wiki/Extensible_Markup_Language)"\_d'une application Android. Il propose entre autres des outils pour gérer le développement d'applications multilingues et permet de visualiser la mise en page des écrans sur des écrans de résolutions variées simultanément.

Android est un système d'exploitation open source édité par Google pour appareils embarqués et/ou mobiles, comme les smartphones ou les tablettes. On le retrouve aussi dans certains GPS, ordinateurs de bord de voitures, dans des télévisions, autoradios, et même des montres. De plus, de nombreux prototypes d'appareils électroménagers, comme des réfrigérateurs ou des machines à laver, fonctionnant sous Android ont été présentés ces derniers temps, permettant ainsi de lancer une machine à l'aide de son téléphone, ou encore d'être prévenu par son frigo lorsqu'il manque certaines choses. Le système Android est basé sur un fork du noyau de Linux. Ce dernier a été modifié pour être plus adapté aux terminaux mobiles ayant peu de puissance de calcul, de mémoire et de batterie. De fait, certaines bibliothèques standards ne sont pas supportées par le système, et des améliorations ont été apportées sur la gestion de l'énergie. Les applications sont écrites en Java, et fonctionnent au sein d'une machine virtuelle Dalvik. Cette machine virtuelle a elle aussi été modifiée pour être le plus adapté possible aux appareils de faible puissance. Ainsi, beaucoup d'efforts ont été fait sur la consommation de mémoire, qui a été largement diminuée par rapport à la machine virtuelle java classique. D'autre part, ce système est open source, ce qui permet à n'importe qui de lancer sa propre version d'Android. De nombreuses personnes utilisent ainsi des "ROM custom", c'est à dire des versions modifiées par rapport au code de base fourni par l'éditeur.



## Le SDK Android

L'outil le plus important est le SDK Android. Facile à installer, il permet de télécharger tous les outils indispensables au développement d'applications. Un petit logiciel permet d'abord de télécharger les différentes versions du SDK (une version du SDK par version d'Android : 1.4, 1.5, 1.6, 2.0 etc.). Il permet également de télécharger les différentes versions des Google APIs. Son fonctionnement est similaire aux gestionnaires de paquets de Linux.

### 2.3.3.2 Système de gestion de base de données

**MySQL** est un système de gestion de base de données (SGBD). Selon le type d'application, sa licence est libre ou propriétaire. Il fait partie des logiciels de gestion de base de données les plus utilisés au monde, autant par le grand public (applications web principalement) que par des professionnels, en concurrence avec Oracle et Microsoft SQL Server.

MySQL AB a été acheté le 16 janvier 2008 par Sun Microsystems pour un milliard de dollars américains. En 2009, Sun Microsystems a été acquis par Oracle Corporation,

mettant entre les mains d'une même société les deux produits concurrents que sont Oracle Database et MySQL. Ce rachat a été autorisé par la Commission européenne le 21 janvier 2010. MySQL est un serveur de bases de données relationnelles SQL développé dans un souci de performances élevées en lecture, ce qui signifie qu'il est davantage orienté vers le service de données déjà en place que vers celui de mises à jour fréquentes et fortement sécurisées. Il est multi-thread et multi-utilisateur.

### 2.3.3.3 Serveur Web

On a utilisé le Easy PHP Devserver comme serveur web. **EasyPHP** est une plate-forme de développement Web permettant de faire fonctionner localement (sans se connecter à un serveur externe) des scripts PHP. Ce n'est pas en soi un logiciel mais un environnement comprenant deux serveurs (un serveur web Apache et un serveur de bases de données MySQL), un interpréteur de script (PHP), ainsi qu'une administration SQL phpMyAdmin.



[127.0.0.1](http://127.0.0.1)

[index.php](http://127.0.0.1/index.php)

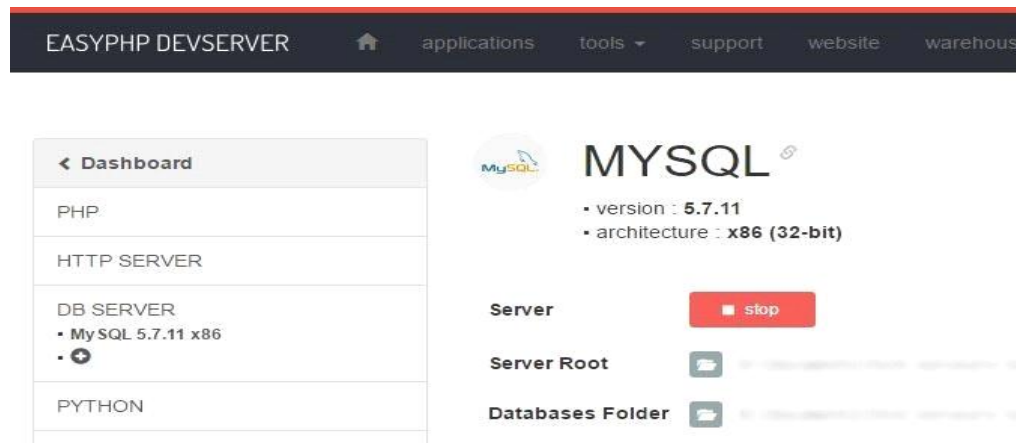
[www](http://127.0.0.1/www)

Il dispose d'une interface d'administration permettant de gérer les alias (dossiers virtuels disponibles sous Apache) et le démarrage/arrêt des serveurs. Il permet donc d'installer en une seule fois tout le nécessaire au développement local du PHP. Par défaut, le serveur Apache crée un nom de domaine virtuel (en local) ou localhost. Ainsi, quand on choisit « Web local » dans le menu d'EasyPHP, le navigateur s'ouvre sur cette URL et affiche la page de ce site qui correspond au contenu du dossier d'EasyPHP.

Ses fonctions principales :

- Détection automatique du répertoire d'installation en fonction des droits de l'utilisateur
- Détection automatique des ports disponibles

- Gestion des composants : plusieurs versions de PHP (ou plusieurs fois la meme) peuvent être installées
- Possibilité de basculer d'une version de PHP à une autre en un clic
- PHP configuration Manager (max execution time, error reporting, upload max filesize...)
- MySQL configuration Manager (storage engine : InnoDB/MyISAM...)
- Apache configuration Manager (timezone, available ports...)
- Alias Manager (ajout/suppression)
- Virtual Hosts Manager (ajout/suppression/activation/désactivation)



**Figure 15 :** Interface du Easy PHP Devserver

### **3 Travail réalisé**

#### Authentification Admin

La première interface de l'application exige une authentification simple, en tant que Admin ou User.

#### L'interface du menu principale

Elle contient trois boutons, la fonction 'Learn' est spécifique pour l'admin.

Ajout d'un bâtiment /

Choix d'un bâtiment existant

Ajout d'une nouvelle

position

Ajout des WiFis

Enregistrer les WiFis ou

Entrer nouvelle position

Calibrate : Commencer à



Il faut attendre 30s sans

Update les mesures

Locate :Choisir un bâtiment  
existant

Locate : Lancer le

Commencer

Attendre 30s

## **La position Actuelle du mobile**

### **Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons spécifié les besoins de notre application, en détaillant les différentes phases de développement, les différents outils ainsi que l'application développée. Nous avons pu atteindre les objectifs mis au départ. Ces objectifs ont confrontés quelques problèmes, dont on a trouvé des solutions existantes et simples. Ensuite nous avons abordés la partie conception décrivant la modélisation des besoins exprimés dans cette section , puis nous avons présenté l'environnement du travail ainsi que les choix techniques adoptés lors de l'implémentation bien que les interfaces de travail et les problèmes rencontrés durant le développement d'application concernant l'adaptation avec l'environnement, le choix d'une bonne version de SDK et les bibliothèque à intégrer .

C onclusion

Générale

## Conclusion Générale :

Au cours de ce projet de fin d'étude, nous avons pu acquérir de nouvelles compétences et des diverses technologies. La sortie de ce projet est une application de localisation indoor en temps réel basé sur les technologies WiFi visualisées sur l'appareil mobile. Dans le processus de réalisation de cet objectif ultime, beaucoup de possibilités des algorithmes et des techniques et aussi des systèmes de localisations intérieures sur les appareils mobiles ont été étudiées. Tout d'abord les solutions possibles ont été identifiées et sélectionnées et d'autre part les composants ont été développées et intégrées les uns avec les autres. La localisation de l'utilisateur peut être déterminée en temps réel avec une précision de 1 à 3 mètres en déterminant la pièce la plus proche pour l'utilisateur et la deuxième plus proche, en utilisant l'application on trouve une aisance et simplicité parce que l'application fournit une interface facile à utiliser. Dans l'architecture du système, les composants se distinguent : le serveur de calcul, client android, base de données et les services web. Ce type d'architecture du système assure la haute performance. Toutes les données qui sont nécessaires pour rendre l'application fonctionnelle sont stockées dans une base de données sur un serveur distant.

Au terme de ce projet de fin d'études, nous estimons que nous avons pu atteindre les principaux objectifs que nous avons fixés. Cependant, il y a plusieurs améliorations proposés comme la navigation et plusieurs améliorations concernant la cartographie qu'on a pas pu implémenter pour le manque du temps, et que nous souhaitons pouvoir les ajouter dans le futur.

Nous avons été confrontées à un certain nombre de difficultés que nous n'avions pas envisagées au départ, nous avons pris largement du temps pour se stabiliser sur l'environnement android après la décision de réaliser une application mobile ce qui n'était pas le cas en premier temps, aussi les démarches d'installation et l'adaptation des systèmes entre eux. Par la suite, nous avons abordé la programmation, le choix de l'algorithme puis le choix du langage pour le client, le serveur et la communication entre ces éléments. Le choix s'est posé sur la famille Java pour ses avantages multiples. Pour le client, Java est puissante et disponible sur la majorité des architectures et peut être adaptée avec la plupart des appareils mobiles.

Pour conclure ce mémoire, nous nous sommes intéressées à beaucoup de nouvelles notions encore inconnues pour nous, pour mener à bien notre projet qui est d'une grande utilité publique, dans la vie courante.

Vous l'entendrez souvent de notre bouche : « Il n'y a pas de bonne ou de mauvaise technologie, il faut simplement trouver la plus adaptée à votre besoin, à votre usage ». D'ailleurs, vous remarquerez que la combinaison de toutes ces technologies nous permet d'accompagner, de suivre et d'interagir avec l'utilisateur sur tout le parcours client.

Référence

Bibliographique



# Références bibliographiques

[1]

Aymen HEDIDAR : CONCEPTION ET REALISATION D'UNE APPLICATION MOBILE M-BANKING, Master professionnel en Nouvelles Technologies des Télécommunications et Réseaux. Disponible sur <http://pf-mh.uvt.rnu.tn/803/1/Conception-realisation-application-mobile-M-BANKING.pdf>

[2]

TAFENO Harimanana Elisa : *LOCALISATION PAR EMPREINTE RADIO. APPLICATION SUR LES RESEAUX MOBILES 2G-3G* . Disponible sur : [https://www.memoireonline.com/09/17/10044/m\\_Localisation-par-empreinte-radio-application-surles-reseaux-mobiles-2G-3G8.html](https://www.memoireonline.com/09/17/10044/m_Localisation-par-empreinte-radio-application-surles-reseaux-mobiles-2G-3G8.html)

[3]

René Jr. Landry, RÉCEPTEUR GNSS DE HAUTE SENSIBILITÉ COGNITIF POUR LE POSITIONNEMENT À L'INTÉRIEUR, 2013.

[4]

*Théo Bochet, La Geolocalisation Indoor, un enjeu mobile* 10 OCTOBER 2013. Disponible sur <http://www.ikomobi.com/la-geolocalisation-indoor-un-enjeu-mobile/> HYPERLINK "http://www.ikomobi.com/la-geolocalisation-indoor-un-enjeu-mobile/"\_ HYPERLINK "http://www.ikomobi.com/la-geolocalisation-indoor-un-enjeu-mobile/"\_ geolocalisation HYPERLINK "http://www.ikomobi.com/la-geolocalisation-indoor-un-enjeu-mobile/"\_ HYPERLINK "http://www.ikomobi.com/la-geolocalisation-indoor-un-enjeu-mobile/"\_ indoor HYPERLINK "http://www.ikomobi.com/la-geolocalisation-indoor-un-enjeu-mobile/"\_ HYPERLINK "http://www.ikomobi.com/la-geolocalisation-indoor-un-enjeu-mobile/"\_ un HYPERLINK "http://www.ikomobi.com/la-geolocalisation-indoor-un-enjeu-mobile/"\_ enjeu HYPERLINK "http://www.ikomobi.com/la-geolocalisation-indoor-un-enjeu-mobile/"\_ HYPERLINK "http://www.ikomobi.com/la-geolocalisation-indoor-un-enjeu-mobile/"\_ mobile/ HYPERLINK "http://www.ikomobi.com/la-geolocalisation-indoor-un-enjeu-mobile/"

[5] <https://www.journaldunet.com/ebusiness/expert/57371/indoor> HYPERLINK

<https://www.journaldunet.com/ebusiness/expert/57371/indoor-et-outdoor--comment-les-applications-guident-vos-achats.shtml>"- HYPERLINK

<https://www.journaldunet.com/ebusiness/expert/57371/indoor-et-outdoor--comment-les-applications-guident-vos-achats.shtml>"et HYPERLINK

["https://www.journaldunet.com/ebusiness/expert/57371/indoor-et-outdoor--comment-les-applications-guident-vos-achats.shtml"](https://www.journaldunet.com/ebusiness/expert/57371/indoor-et-outdoor--comment-les-applications-guident-vos-achats.shtml) - HYPERLINK

["https://www.journaldunet.com/ebusiness/expert/57371/indoor-et-outdoor--comment-les-applications-guident-vos-achats.shtml"](https://www.journaldunet.com/ebusiness/expert/57371/indoor-et-outdoor--comment-les-applications-guident-vos-achats.shtml) outdoor HYPERLINK

["https://www.journaldunet.com/ebusiness/expert/57371/indoor-et-outdoor--comment-les-applications-guident-vos-achats.shtml"](https://www.journaldunet.com/ebusiness/expert/57371/indoor-et-outdoor--comment-les-applications-guident-vos-achats.shtml)-- HYPERLINK

["https://www.journaldunet.com/ebusiness/expert/57371/indoor-et-outdoor--comment-les-applications-guident-vos-achats.shtml"](https://www.journaldunet.com/ebusiness/expert/57371/indoor-et-outdoor--comment-les-applications-guident-vos-achats.shtml)comment HYPERLINK

["https://www.journaldunet.com/ebusiness/expert/57371/indoor-et-outdoor--comment-les-applications-guident-vos-achats.shtml"](https://www.journaldunet.com/ebusiness/expert/57371/indoor-et-outdoor--comment-les-applications-guident-vos-achats.shtml) - HYPERLINK

["https://www.journaldunet.com/ebusiness/expert/57371/indoor-et-outdoor--comment-les-applications-guident-vos-achats.shtml"](https://www.journaldunet.com/ebusiness/expert/57371/indoor-et-outdoor--comment-les-applications-guident-vos-achats.shtml)les HYPERLINK

["https://www.journaldunet.com/ebusiness/expert/57371/indoor-et-outdoor--comment-les-applications-guident-vos-achats.shtml"](https://www.journaldunet.com/ebusiness/expert/57371/indoor-et-outdoor--comment-les-applications-guident-vos-achats.shtml) - HYPERLINK

["https://www.journaldunet.com/ebusiness/expert/57371/indoor-et-outdoor--comment-les-applications-guident-vos-achats.shtml"](https://www.journaldunet.com/ebusiness/expert/57371/indoor-et-outdoor--comment-les-applications-guident-vos-achats.shtml)applications HYPERLINK

["https://www.journaldunet.com/ebusiness/expert/57371/indoor-et-outdoor--comment-les-applications-guident-vos-achats.shtml"](https://www.journaldunet.com/ebusiness/expert/57371/indoor-et-outdoor--comment-les-applications-guident-vos-achats.shtml)guident HYPERLINK

["https://www.journaldunet.com/ebusiness/expert/57371/indoor-et-outdoor--comment-les-applications-guident-vos-achats.shtml"](https://www.journaldunet.com/ebusiness/expert/57371/indoor-et-outdoor--comment-les-applications-guident-vos-achats.shtml) - HYPERLINK

["https://www.journaldunet.com/ebusiness/expert/57371/indoor-et-outdoor--comment-les-applications-guident-vos-achats.shtml"](https://www.journaldunet.com/ebusiness/expert/57371/indoor-et-outdoor--comment-les-applications-guident-vos-achats.shtml)vos HYPERLINK

["https://www.journaldunet.com/ebusiness/expert/57371/indoor-et-outdoor--comment-les-applications-guident-vos-achats.shtml"](https://www.journaldunet.com/ebusiness/expert/57371/indoor-et-outdoor--comment-les-applications-guident-vos-achats.shtml) - HYPERLINK

["https://www.journaldunet.com/ebusiness/expert/57371/indoor-et-outdoor--comment-les-applications-guident-vos-achats.shtml"](https://www.journaldunet.com/ebusiness/expert/57371/indoor-et-outdoor--comment-les-applications-guident-vos-achats.shtml)achats.shtml HYPERLINK

["https://www.journaldunet.com/ebusiness/expert/57371/indoor-et-outdoor--comment-les-applications-guident-vos-achats.shtml"](https://www.journaldunet.com/ebusiness/expert/57371/indoor-et-outdoor--comment-les-applications-guident-vos-achats.shtml)\_consulté en mars 2018

[6]

<http://www.ikomobi.com/la-geolocalisation-indoor-un-enjeu-mobile/>- HYPERLINK "<http://www.ikomobi.com/la-geolocalisation-indoor-un-enjeu-mobile/>"geolocalisation HYPERLINK "<http://www.ikomobi.com/la-geolocalisation-indoor-un-enjeu-mobile/>"- HYPERLINK "<http://www.ikomobi.com/la-geolocalisation-indoor-un-enjeu-mobile/>"indoor HYPERLINK "<http://www.ikomobi.com/la-geolocalisation-indoor-un-enjeu-mobile/>"- HYPERLINK "<http://www.ikomobi.com/la-geolocalisation-indoor-un-enjeu-mobile/>"un HYPERLINK "<http://www.ikomobi.com/la-geolocalisation-indoor-un-enjeu-mobile/>"- HYPERLINK "<http://www.ikomobi.com/la-geolocalisation-indoor-un-enjeu-mobile/>"enjeu HYPERLINK "<http://www.ikomobi.com/la-geolocalisation-indoor-un-enjeu-mobile/>"- HYPERLINK "<http://www.ikomobi.com/la-geolocalisation-indoor-un-enjeu-mobile/>"mobile/ HYPERLINK "<http://www.ikomobi.com/la-geolocalisation-indoor-un-enjeu-mobile/>"\_consulté en mars 2018

[7]

Rui Zhang, A. Bannoura, F. Hoinger, L.M. Reindl, and C. Schindel-hauer. Indoor localization using a smart phone. In Sensors Applications Symposium (SAS), 2013 IEEE, pages 38

[8]

Rui Zhang, A. Bannoura, F. Hoinger, L.M. Reindl, and C. Schindel-hauer. Indoor localization using a smart phone. In Sensors Applications Symposium (SAS), 2013 IEEE, pages 38

[9]

E. S. Kim and Y. Kim. Geomagnetism-based indoor location estimation method for future smartphone. In 2012 IPIN, pages 13

- M. Angerman P. Robertson, MG. Puyol. Collaborative pedestrian mapping of buildings using inertial sensors and footslam. In 2011 ION GNSS, 2011.
- Vadims uravovs Gints Jkabsons, Vadim Kairish. An analysis of wi- based indoor positioning accuracy. In Applied computer systems, Vol.47, Scienti\_c Journal of the Series of Scienti\_c Journal of RTU 2011.

**L**iste Des

**F**igures

# LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1</b> : Modèle d'une application de géolocalisation indoor.....	p10
<b>Figure 2</b> : Difficultés du positionnement à l'intérieur.....	p17
<b>Figure 3</b> : Technologie du géolocalisation indoor.....	p26
<b>Figure 4</b> : Principe du fingerprinting.....	p29
<b>Figure 5</b> : Illustration de la recherche du plus proche voisin.....	p30
<b>Figure 6</b> : Algorithme de la triangulation.....	p31
<b>Figure 7</b> : Algorithme de routage pour le multi-hop.....	p32
<b>Figure 8</b> : Illustration du modèle du signal d'un radar MiMo WaveForm.....	p33
<b>Figure 9</b> : Diagramme de contexte dynamique.....	p38
<b>Figure 10</b> : Cas d'utilisation principale.....	p40
<b>Figure 11</b> : Cas d'utilisation prendre des fingerprinting.....	p41
<b>Figure 12</b> : Cas d'utilisation Localiser.....	p42
<b>Figure 13</b> : Diagramme de collaboration.....	p42

**Figure 14** : Architecture à 3  
niveaux.....p47

**Figure 15** : Interface du easyPHP  
Devserver.....p53

# Liste des Abréviations

## Liste des abréviations :

**GPS** : Global Positioning System .

**BDD** : Base De Données .

**SNR** : Signal to Noise Ratio , rapport signal à bruit .

**WIFI** : Norme de communication sans fil (*Wireless Fidelity*).

**WLAN** :Wireless Local Area Network , réseau local sans fil .

**UML** : Unified Modeling Language , le langage de modélisation graphique unifié .

**RFID** : Radio-Frequency identifier, périphérique permettant d'identifier les objets à distance

**TDOA** : Time Difference Of Arrival , technique de différence de temps d'arrivé .

**IEEE** : Institue of Electrical and Electronics

Engineers **802.11** : Réseau Local sans fil (WiFi) .

**SSID** : Service Set Identifier , est un nom utilisé par les points d'accès en  
[HYPERLINK "http://www.materiel-informatique.be/sans-fils.php"](http://www.materiel-informatique.be/sans-fils.php)connexions [HYPERLINK "http://www.materiel-informatique.be/sans-fils.php"](http://www.materiel-informatique.be/sans-fils.php) [HYPERLINK "http://www.materiel-informatique.be/sans-fils.php"](http://www.materiel-informatique.be/sans-fils.php)sans fils [HYPERLINK "http://www.materiel-informatique.be/sans-fils.php"](http://www.materiel-informatique.be/sans-fils.php)

**RSSI** : Rceived Signal Strength Indication, Indication de la force du signal

**MIMO** : Multiple Input Multiple Output (entrées multiples , sorties multiples ).

**JSON** : JavaScript Object Notation – Notation Objet issue de JavaScript) est un format léger d'échange de données

# Annexe

## Indoor Localization Algorithms

### Location Fingerprinting

The WiFi network inside a building makes it possible to distinguish different locations as they would receive different strengths from various routers. The received signal strengths thus act as a fingerprint for a location. Location fingerprinting based positioning systems usually work in two phases : calibration and positioning.

In calibration phase, several positions inside a building are chosen and RSS values from the different access points are recorded. Each of the  $n$  measurements become a part of a radio map and is a tuple

$$(\mathbf{q}_i; \mathbf{r}_i) \quad i = 1, 2, \dots, n$$

where

$$\mathbf{q}_i = (\mathbf{x}_i; \mathbf{y}_i)$$

are the geographical coordinates of the  $i$ th location and

$$\mathbf{r}_i = (\mathbf{r}_{i1}, \mathbf{r}_{i2}, \dots, \mathbf{r}_{im})$$

are the  $m$  RSS values from  $m$  access points at that location.

In positioning phase, the RSS values are recorded from an unknown location and a location estimator algorithm is used to find its coordinates from the previously created radio map



## Weighted k-Nearest Neighbours (WKNN)

The location estimator algorithm being used is the weighted k Nearest Neighbours Algorithm .It is a two step process:

1. **Find out the k nearest neighbours in the radio map Input :**

Set of all n readings from calibration phase

$$(q_1, r_1), (q_2, r_2), \dots, (q_n, r_n)$$

Reading from current unknown location, r

**Output :** Set of k nearest points.

**Procedure:**

Sort the n points in increasing order of Euclidean distance with current reading r. Euclidean distance is calculated by considering the readings as vectors.

Return \_rst k readings in the sorted list

$$(q_1, r_1); (q_2, r_2) \dots (q_k, r_k)$$

1.

2. **Calculate the coordinates of the current unknown location**

**Input :** Set of k nearest points

$$(q_1; r_1); (q_2; r_2) \dots (q_k; r_k)$$

**Output :** Coordinate of current unknown location Procedure:

Calculate coordinates using the formula

$$q = \frac{\sum_{j=1}^k w_j q_j}{\sum_{l=1}^k w_l}$$

Where all weights are nonnegative

$$w_j = d^{-1}(r_i; r_j)$$

$d$  is the Euclidean distance between the readings.  $r_j$  is the coordinates of the  $j$ th location

WKNN has one tuning parameter, the number of nearest neighbours considered ( $k$ ), which is used to control the locality of the location calculation. When  $k = 1$ , the algorithm acts as a simple look-up table. For larger values, the location will be estimated to be somewhere in-between the calibration points.

# Résumé

Dans ce PFE, nous développons une application mobile pour l'estimation de la position dans un environnement fermé à travers les signaux WiFi. Nous avons travaillé la méthode du Fingerprinting en implémentant l'algorithme du K plus proche voisin(KNN) et nous avons développé une application

Android. Ce projet permet le développement d'un système de localisation minimisant la consommation énergétique. L'approche présentée ici est basée sur l'utilisation des réseaux locaux, sur l'utilisation des mesures du signal de ces réseaux (RSSI) et sur le contenu d'une base de données locale. En utilisant cet ensemble d'informations, on a développé une méthodologie, basée sur un algorithme performant, pour assurer un positionnement fin.

**Mot Clés :** Géolocalisation, WiFi, KNN, Fingerprinting, indoor, position, RSSI.

# Abstract

In this work, we developed a mobile application to estimate the position in an indoor building using WiFi signals. We applied the Fingerprinting method and implemented the algorithm of Nearest K neighbor(KNN). This project allowed the development of a localization system that minimized energy consumption, and the result of the project is an Android Application that works in all different Android Builds. The approach presented in our project is based on the use of local networks, the use of signal measurements of these networks(RSSI), and the content of a local database. Using this information and development tools, we developed a methodology, based on a powerful algorithm, to ensure a fine positioning.

**Key Words :** Position, indoor, KNN, Fingerprints, Android

## ملخص

في هذا العمل المقدم قمنا بتطوير و برمجة تطبيق للهواتف الذكية، بهدف تحديد موقع أي مستعمل داخل مبنى التطبيق يعتمد على وجود إشارات WiFi داخل المبنى. و تم استخدام تقنية Fingerprints مع خوارزمية K-Nearest Neighbour. هذا التطبيق يعمل في الهواتف الذكية ذات نظام التشغيل Android. و تم اعتماد نهج في مشروعنا وهو اقتصاد الطاقة المستعملة، اعتمدنا على الشبكات الداخلية باستعمال قياسات إشارات الشبكات الموجودة RSSI، و أيضا استنادا الى قاعدة بيانات محلية، للوصول الى تقنية دقيقة لتحديد موقع المستخدم باحترافية.

**الكلمات المفتاحية :** WiFi, Fingerprints, Android, برمجة تطبيق للهواتف الذكية, داخل المبنى ,